



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

**PEGMATITO ITATIAIA, CONSELHEIRO PENA:
UMA NOVA OCORRÊNCIA DE ESMERALDAS EM
MINAS GERAIS.**

ARIADNE SENNA ÁZARO

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Coorientador: Dr. Jurgen Schnellrath

Rio de Janeiro
Dezembro de 2013

Pegmatito Itatiaia, Conselheiro Pena: uma nova ocorrência de esmeraldas em Minas Gerais.

Ariadne Senna Ázaro¹, Julio Cezar Mendes¹ & Jurgen Schnellrath²

Resumo:

O presente trabalho apresenta os resultados da caracterização gemológica e mineralógica sobre uma nova ocorrência de esmeraldas descoberta recentemente no município de Conselheiro Pena, na jazida conhecida como “Lavra do Itatiaia”. Trata-se de um pegmatito que iniciou a sua produção em 1942 para à extração industrial de mica, quartzo e berilo. Já foram encontradas turmalinas de diversas cores, mas de baixo valor gemológico. Para a caracterização foram analisadas 81 amostras de esmeraldas brutas. Foram utilizados diversos equipamentos, entre eles: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Microespectrometria Raman, Gem Spectrometer (Espectrômetro Compacto), Fluorescência De Raios-X Dispersiva Em Energia (EDXRF), Ablação por Laser em Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (LA-ICP-MS), e outros equipamentos gemológico. A caracterização das esmeraldas e os estudos geológicos de campo estão em fase final para oportunamente serem publicados.

Palavras-chave: Esmeraldas, Lavra do Itatiaia, Conselheiro Pena.

Abstract:

This work presents the results of gemological and mineralogical characterization of a new occurrence of emeralds recently discovered in the county of Conselheiro Pena, known in the mine as "Lavra Itatiaia". The Pegmatite began its operation in 1942 for the production of industrial mica, quartz and beryl. Tourmalines of different colors have been found, but low gemological value. For characterization, 81 samples gross emeralds were analyzed. Different equipments were used, including: Scanning Electron Microscope (SEM), Raman Microspectroscopic, Gem Spectrometer (Compact Spectrometer), Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF), Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS), and other gemological equipment. The characterization of emeralds and geological field studies are in the final phase to be published.

Keywords: Emeralds, Itatiaia Mine, Conselheiro Pena.

1. ESMERALDAS NO BRASIL E NO MUNDO

Desde que foi encontrada pela primeira vez no Egito, a esmeralda encanta o homem pela beleza e raridade, podendo ser considerada a gema mais antiga que se conhece (Tabela 1). Esta variedade de berilo-gema com traços de cromo e /ou vanádio de alta qualidade é extremamente rara, sendo uma das três gemas de cor mais valiosas, ficando atrás somente de rubi e safira, podendo chegar a valores no mercado atacadista de até 20 mil dólares por quilate para pedras extras entre 10 e 20 ct (DNPM/IBGM, 2009).

Tabela 1: Cronologia das descobertas de esmeralda no mundo (Sauer, 1992).

| País | Ano | Localização |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|
| Egito | 5.000 anos atrás | Gebel Sikait/Gebel Zabara |
| Áustria | 2.000anos atrás* | Habachtal |
| Colômbia | 1.000 anos atrás* | Muzo/Chivor/Peña Blanca |
| Rússia | 1831 | Montes Urais |
| E.U.A | 1879 | Carolina do Norte |
| Austrália | 1890 | Nova Gales do Sul, Menzies |
| República Malgaxe | 1912 | Ankadilalana |
| África do Sul | 1927 | Nordeste do Transvaal |
| Zâmbia | 1931 | Miku |
| Índia | 1943 | Província do Rajastão |
| Zimbábue | 1956 | Sandwana |
| Paquistão | 1962 | Mingaora |
| Brasil | 1963 | Salininha/Carnaíba |
| Tanzânia | 1969 | Lago Manyara |
| Moçambique | Década de 70 | Marua |
| Afganistão | Década de 70 | Vale do Panjshir |

* data estimada da descoberta

A procura por esmeraldas no Brasil começou há quase 500 anos, quando os portugueses fundaram os primeiros povoados e postos avançados de onde poderiam explorar o vasto interior do País. Apesar de diversos achados terem sido noticiados desde o fim do século XVI até 1950, nenhuma esmeralda comercialmente aceitável foi encontrada antes de 1963 (Sauer, 1992).

Em 1963 as primeiras esmeraldas foram descobertas no Brasil por Jules Sauer e um pequeno grupo de garimpeiros no povoado chamado Salininha na fronteira dos estados do

Piauí e Bahia. Eram berilos verdes coloridos principalmente por vanádio e apenas conseguiram reconhecimento após serem certificados pelo Instituto Gemológico da América (GIA) como esmeraldas. Logo após várias descobertas viáveis economicamente foram feitas: Carnaíba (BA) em 1965, Belmont (Itabira/MG) em 1978, Campos Verdes/Santa Terezinha de Goiás (Goiás) em 1981, Socotó (Campo Formoso/BA) em 1983 e Nova Era (MG) em 1998 (Figura 1). Ocorrem citações na literatura, porém sem comprovação de viabilidade econômica, em: Monte Santo/TO, Anagé/BA, Mara Rosa, Porangatu e Pirenópolis, em Goiás, e Lajes (Fazenda Bonfim)/RN.

Novos empreendimentos e garimpos têm surgido nas últimas duas décadas, mas todos nas regiões tradicionalmente produtoras de esmeraldas (ex.: Piteiras, MG), sendo hoje o Brasil um dos principais produtores mundiais ao lado da Zâmbia e Colômbia.

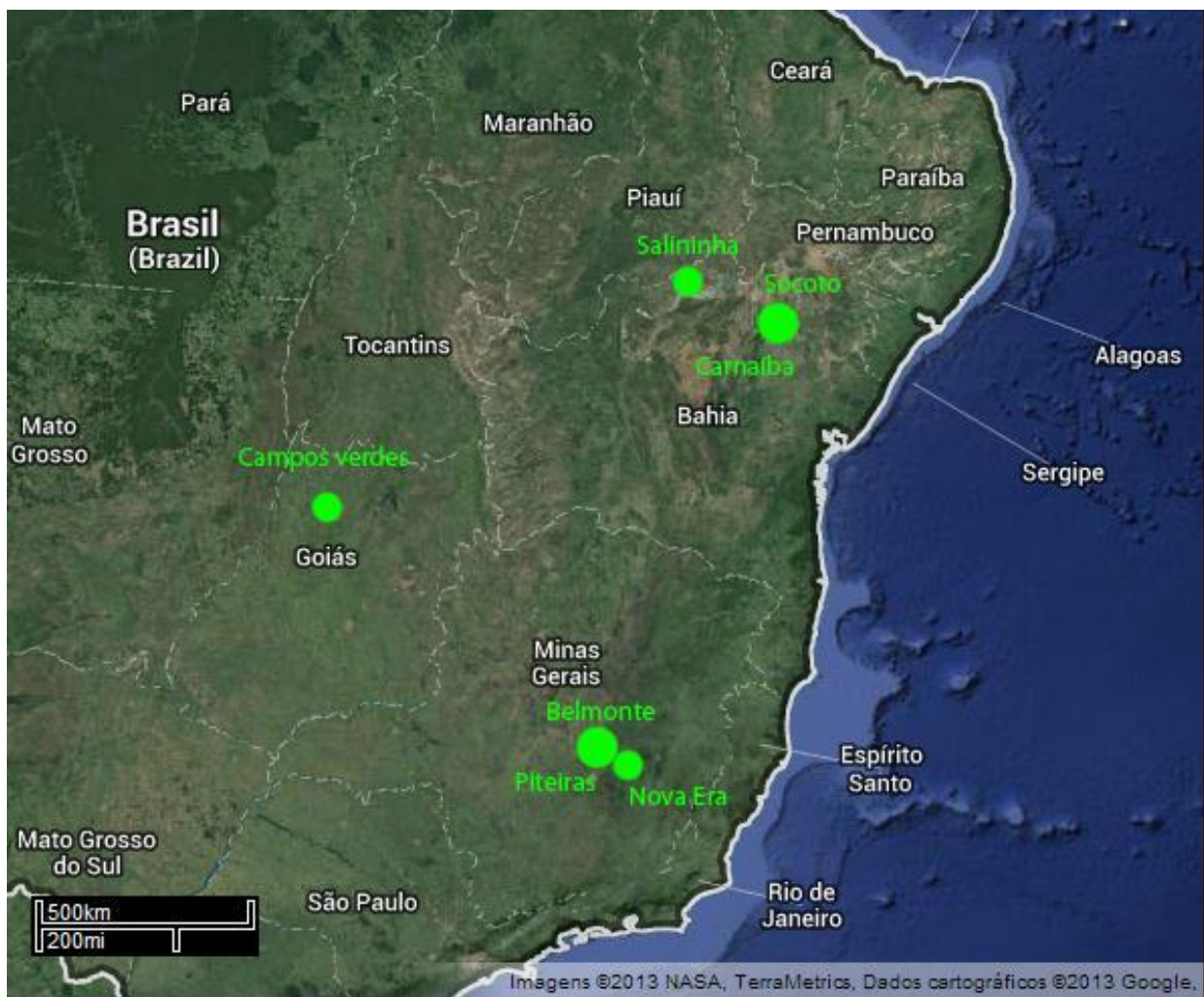


Figura 1 – Mapa do Brasil com indicação das principais ocorrências de esmeraldas no país.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo do trabalho é apresentar, na forma de artigo, resultados inéditos da caracterização gemológica e mineralógica da nova ocorrência de esmeraldas descoberta recentemente (2010) no município de Conselheiro Pena, na jazida “Lavra do Itatiaia”.

Esses resultados tem como utilidade a documentação dessa nova ocorrência, para que no futuro, quando os cristais estiverem no mercado, possa ocorrer o rastreamento genético.

Esse estudo será avaliado como Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, da autora.

O formato de artigo foi executado com o objetivo de posteriormente tentar a publicação da caracterização das esmeraldas e os estudos de campo.

3. LAVRA DO ITATIAIA

3.1 – Introdução

A lavra do Itatiaia iniciou a sua produção em 1942 e foi responsável por uma grande extração de mica, quartzo e berilo industrial, no qual já foram encontradas turmalinas de diversas cores, mas de baixo valor gemológico.

Também podem ser encontrados, sobre uma matriz de albita e muscovita, berilos gemológicos de cores esverdeadas, amareladas a azuladas, geralmente de hábito tabular e muitas vezes corroídos.

Provavelmente o primeiro registro na literatura da provável ocorrência de esmeraldas na Lavra do Itatiaia, encontra-se no Projeto Leste (1998), em referência ao Garimpo do Itatiaia: “Tem-se notícias de pequenos cristais de esmeralda na região. Observou-se que, localmente, os pegmatitos cortam níveis anfibolíticos presentes no biotita-xisto encaixante, situação favorável ao aparecimento desse mineral”.

Entretanto, apenas recentemente (2010), a nova ocorrência de esmeraldas foi descoberta durante escavações realizadas em níveis mais profundos, próximo ao contato

inferior do pegmatito com as encaixantes. A mineralização de fato ocorre somente onde o pegmatito corta as camadas de biotita/flogopita-xisto intercaladas no quartzo-biotita-xisto.

3.2 – Localização e Acesso

O município de Conselheiro Pena está situado às margens do Rio Doce na região Leste do estado de Minas Gerais a ≈ 400 km da capital Belo Horizonte e ≈ 91 km do município de Governador Valadares, estando entre os municípios de Galiléia e Resplendor. O depósito de esmeraldas esta na jazida conhecida como “Lavra do Itatiaia” e localização da entrada da mina é $19^{\circ}14'11.09''S$, $41^{\circ}26'43.49''O$. A partir de Belo horizonte deve-se dirigir aproximadamente 405 km pela BR-381 até Conselheiro Pena (figura 2) e mais 10 km por uma estrada de terra até a jazida, como indica a figura 3.

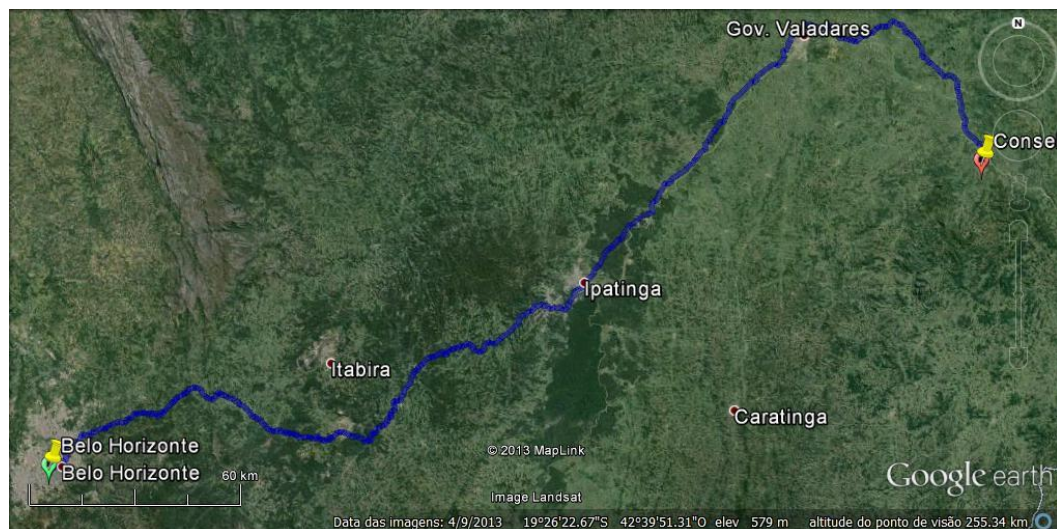


Figura 2 – Mapa indicando caminho de Belo Horizonte até Conselheiro Pena pela BR-381.

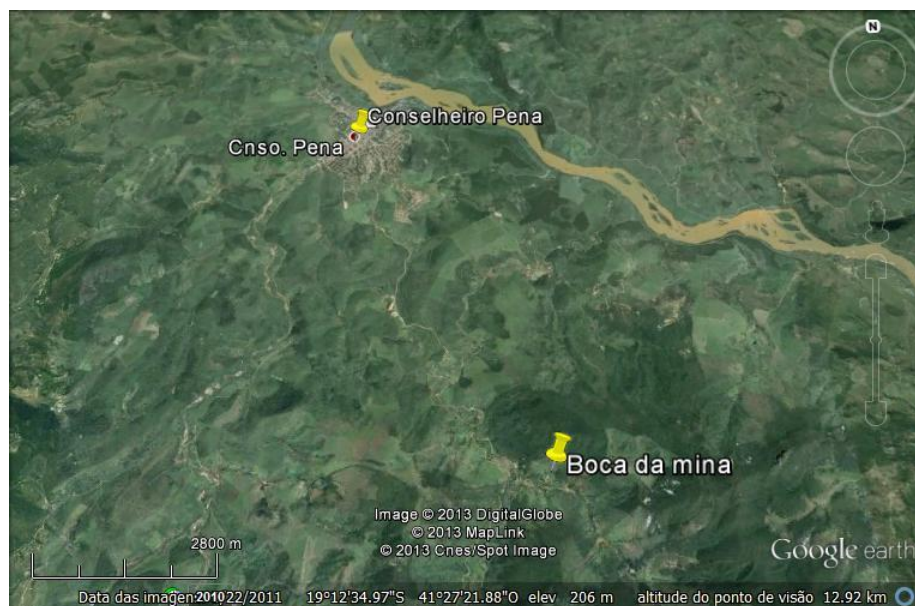


Figura 3 - Mapa que indica a localização da Lavra do Itatiaia

4. GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL

A Província Pegmatítica Oriental constitui uma faixa NNE-SSW com cerca de 800 km de comprimento e 100 a 150 km de largura, desde o sul do Estado da Bahia, passando pelo oeste do Espírito Santo e nordeste e sudeste de Minas Gerais (Paiva 1946). Na extremidade nordeste é chamada de Província Pegmatítica Itambé (Misi & Azevedo 1971) e no sul de Província Pegmatítica da Zona da Mata (Barbosa & Grossi-Sad 1983). O Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena está inserido na Província Pegmatítica Oriental e dentro deste está localizado o Campo Pegmatítico Itatiaia, como podemos observar na Figura 4.

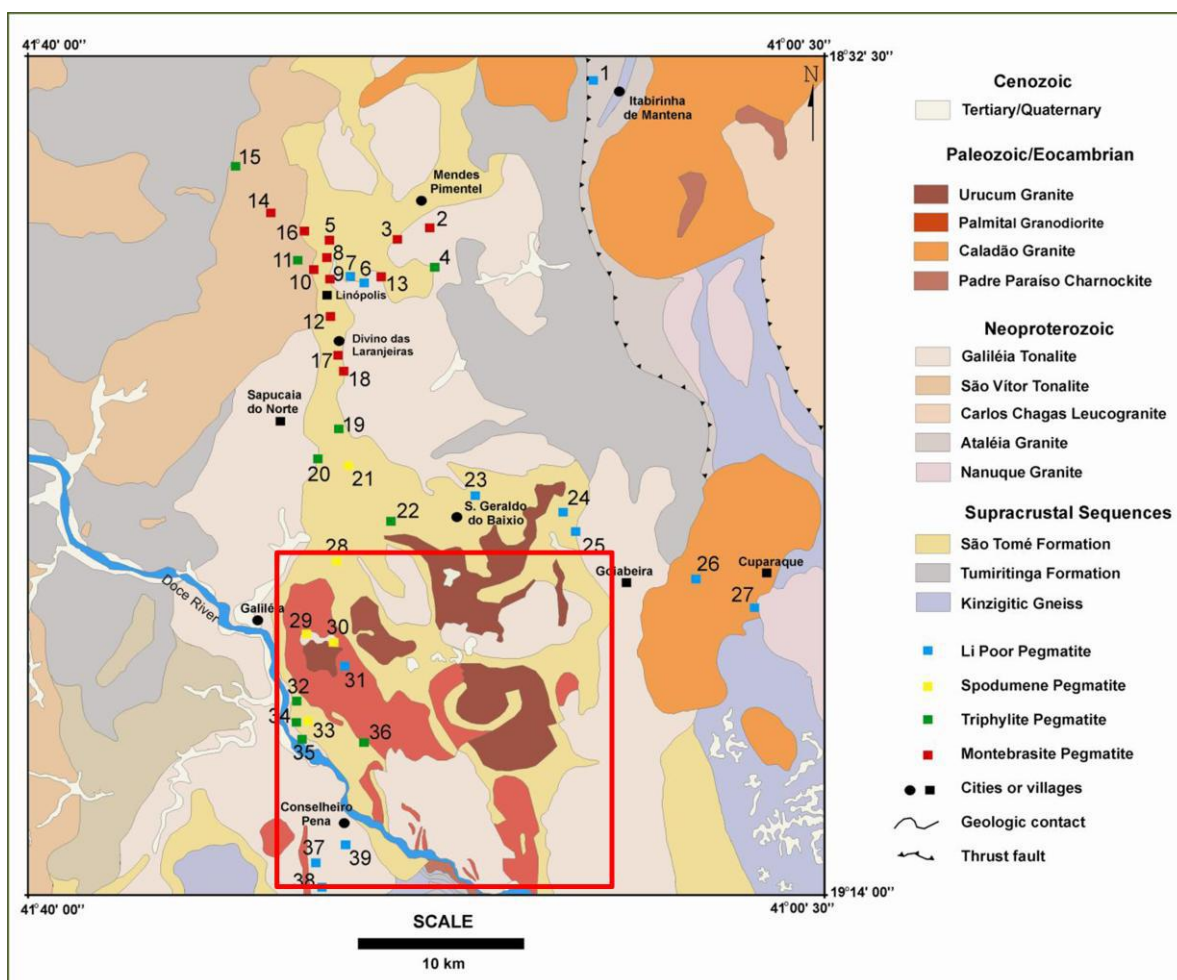


Figura 4 - Província Pegmatítica Oriental, Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena (DPCP), Campo Pegmatítico Itatiaia - Barra do Cuieté. Em vermelho está destacada toda área que teve mapeamento geológico mais detalhado que pode ser visto no Anexo A.

Segundo Bilal *et al* (2001) com base na mineralogia acessória, enquadramento geológico e dados geoquímicos, os pegmatitos dessa província nos Distritos Araçuaí, Governador Valadares, Santa Maria de Itabira, Caparaó e Juiz de Fora, foram agrupados em

dois grandes grupos, onde o primeiro representa pegmatitos graníticos e o segundo corpos anatéticos.

O depósito de esmeraldas está situado no pegmatito Itatiaia localizado na região sul do Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena (Anexo A), encaixado discordantemente em um quartzo-biotita-xisto ocasionalmente granadífero (Fm. São Tomé, Grupo Rio Doce, orientados segundo as direções N-S e NE-SW Barbosa *et al.* 1966) com intercalações de biotita/flogopita-xisto, no domínio dos granitóides da Suíte Intrusiva Galiléia (Figura 5).

As esmeraldas estão sendo extraídas do biotita/flogopita-xisto, próximo ao contato inferior com o pegmatito.

O pegmatito é do tipo tabular, de porte médio, diferenciado e zonado, sendo zona intermediária composta de feldspato perítico, com muscovita, quartzo hialino e leitoso, e turmalina preta e o seu núcleo de quartzo leitoso (Netto *et al.* 1998). Ocorrem ainda albita (cleavelandita) associada à muscovita e espodumênios alterados de grandes dimensões nas porções superiores do pegmatito.

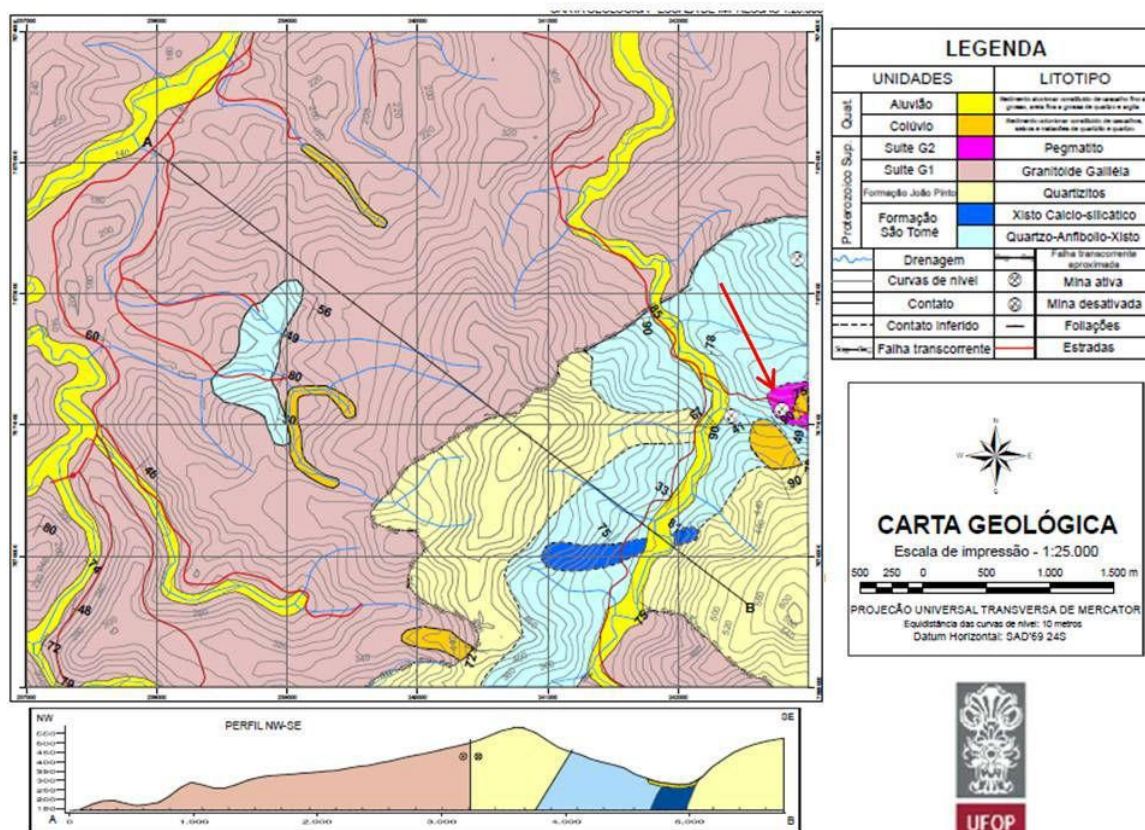


Figura 5 - Mapeamento geológico realizado nas proximidades do Pegmatito Itatiaia, Conselheiro Pena, MG. A seta indica a localização do Pegmatito Itatiaia (Fonte: Pereira et al. 2011).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse trabalho foram analisadas 81 amostras de esmeraldas provenientes da lavra do Itatiaia coletadas pelo professor Jurgen Schnellrath do Laboratório de Pesquisas Gemológicas (LAPEGE) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCTI) durante uma visita a mina.

Inicialmente todas as amostras foram para o LAPEGE e passaram por um processo inicial de nomenclatura, onde o código EI (esmeralda Itatiaia) era seguido de uma numeração de 1 a 81 e caracterizadas adicionalmente pelo valor do seu peso.

No LAPEGE foram utilizados os seguintes instrumentos gemológicos: um polariscópio Schneider PK-1, para visualização de dicroísmo e comportamento óptico; um microscópio horizontal de imersão Schneider®(Mod. DE4 2000C), com uma câmera fotográfica Canon EOS 350D acoplada, para fotografar as melhores inclusões; um refratômetro de contato Schneider® (Mod. RF2), com filtro polarizador e filtro monocromático, utilizando líquido para refratômetro com índice de 1,81 para leitura dos índices. Para a determinação dos índices de refração foram selecionados apenas sete cristais, tendo o cuidado de selecionar amostras de diferentes cores, para que desta forma tivéssemos valores correspondentes a todo o espectro de cores de amostras correspondentes à área. A balança de precisão Mettler Toledo CB203, com leitura na terceira casa decimal (0,001ct), foi empregada para determinação do peso específico, utilizando um kit hidrostático e tolueno à temperatura de 23,5°C. Foram feitas três repetições de cada medida para um valor preciso em cinco cristais como poucas inclusões e peso entre 0,43 ct e 1,25 ct. O baixo número de amostras submetidas à leitura de índice de refração e peso específico foi devido à escassez de cristais maiores para realização, respectivamente, de polimento, a fim de obter menor erro com os equipamentos, e com poucas inclusões, para um resultado mais preciso.

Oito cristais com inclusões características do lote foram levados ao Setor de Caracterização Tecnológica do CETEM, onde foram recobertos com uma fina camada de carbono, evaporado a partir de um filamento, e levadas a um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) FEI Quanta 400, operado a 20 kV em alto vácuo. Para a análise química das inclusões foi empregado o sistema EDS Bruker Quantax 800 com detector SDD XFlash 4030, spot size 5 e software para operação automática. Visando complementar os estudos, alguns pontos analisados por EDS também foram estudados por microespectrometria Raman.

Em decorrência do carbono influenciar os resultados do Raman, apenas as amostras polidas foram analisadas, por permitirem a remoção da camada de carbono. Os espectros Raman foram obtidos usando um microespectrômetro da marca Horiba Jobin-Yvon equipado com um detector CCD termoeletronicamente refrigerado (-70°C), grade de difração de 1800 linhas/mm e na geometria *backscattering*. As amostras foram excitadas com um laser de 488 nm e cada espectro foi obtido utilizando um tempo de exposição de 5 segundos e 3 repetições para cada janela espectral de modo a otimizar a relação sinal/ruído. A luz espalhada foi coletada através de um microscópio Olympus BX41 com objetiva de longa distância de trabalho de 100 x. O software de aquisição dos dados foi o Labspec 5 da Horiba Jobin-Yvon.

Para a obtenção do espectro das bandas na região da luz ultravioleta (UV), visível (VIS) e no infravermelho próximo (NIR), foi utilizado o GL Gem Spectrometer, que é um espectrômetro compacto, portátil e com conexão USB. O instrumento apresenta os resultados em tempo real na faixa de 300 a 1000 nm, tendo sido projetado para análises expeditas de gemas e minerais, sendo especialmente útil para o trabalho em ambientes de campo. Por ser um equipamento de fácil manuseio e rápida resposta, vários cristais foram analisados com luz não polarizada. De uma das amostras foi preparada uma seção orientada cristalograficamente (paralela às faces do prisma) para obtenção de espectros polarizados ($E_{\parallel c}$ e $E_{\perp c}$).

Vinte cristais característicos do lote foram enviados para o Gübelin Gem Lab (GGL) na Suíça para a análise química quantitativa feita com a fluorescência de raios-X dispersiva em energia (EDXRF). A análise foi realizada no GGL com um ARL Quant'X da Thermo Scientific e um conjunto especial de parâmetros, otimizado para a análise mais precisa de jade, empregando várias condições de voltagem (seis passos entre 5 a 30 kV) e tempos reais de análise entre 200 e 300 segundos. A concentração de óxido de berílio (BeO) foi fixada em 13% e a concentração de H_2O em 2%. O tamanho do “spot” para as medições foi cerca de 100 micrômetros.

Entre os vinte cristais característicos do lote mandados ao GGL também foram realizadas análises preliminares com Ablação por Laser em Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (LA-ICP-MS). Entretanto, os resultados só foram recebidos recentemente, e sem a metodologia utilizada pelo laboratório.

6. DESCRIÇÃO DO BRUTO

Na lavra do Itatiaia, o berilo aparece em diversas tonalidades, mas apenas as de coloração verde claro ao verde escuro são classificadas como esmeraldas.

Os cristais aparecem em hábito prismático curto, com dimensões de alguns milímetros a alguns centímetros (Figura 6a). Grande parte dos cristais analisados se apresentam transparentes nas bordas com núcleo leitoso e incolor (Figura 6b).

Excepcionalmente aparecem cristais maiores de 5,5 cm, porém de tonalidade muito escura e com muitas inclusões (Figura 7).

Geralmente os cristais de esmeraldas aparecem acompanhados de biotitas e turmalinas em sua superfície.



Figura 6a - Os cristais da figura aparecem em hábito prismático curto, com dimensões de alguns milímetros a alguns centímetros.

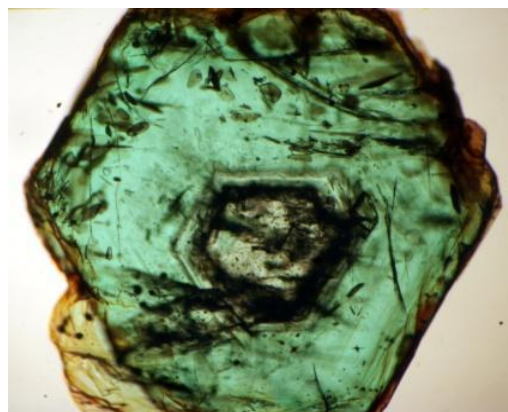


Figura 5b - O cristal da figura mostra um cristal com transparência nas bordas e núcleo leitoso.

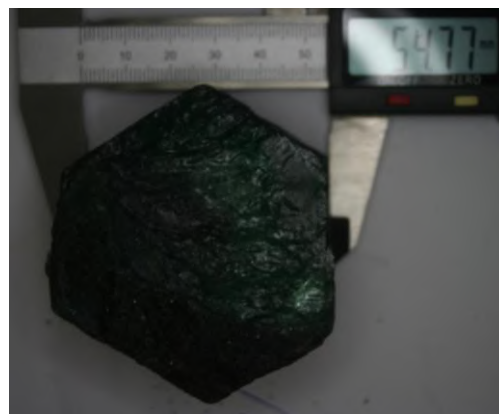


Figura 7a e b - O mesmo cristal aparece na direita com 5,5 cm e na esquerda com luz diretamente na base demonstrando sua tonalidade escura.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Propriedades Gemológicas

Tabela 2 - Propriedades visuais, físicas e características microscópicas das esmeraldas provenientes da Lavra do Itatiaia, Minas Gerais, Brasil.

| | |
|---|---|
| Cor | Variando do verde claro ao verde escuro |
| Transparência | transparente, com inclusões leves a acentuadas . |
| Índice de Refração | $n_o=1.589 - 1.591$; $n_e= 1.581 - 1.585$ |
| Birrefringência | 0.006 – 0.008 |
| Densidade ou Massa Específica | 2.72 – 2.74 |
| Dicroísmo | Variando de verde-amarelado a verde-azulado |
| Luminescência | Inerte a lâmpada ultravioleta onda longa (366 nm) e onda curta (254nm) |
| Espectro Visível e Infravermelho Próximo | Bandas de absorção a 450-455, 610-615, 682-683 e ~850 nm |
| Características internas | Marcas de crescimento Inclusões bifásicas paralelas ao eixo C Inclusões sólidas: flogopita, fluorapatita, zircão, turmalina, pirita, niquelina, gersdorffita, uraninita e torianita |

Propriedades Visuais: As esmeraldas lapidadas são transparentes, cores variando do verde claro ao verde escuro, com dimensões entre 3,3 a 8,7 mm e pesos entre 0,14 e 1,88 ct. As amostras possuem inclusões leves a acentuadas. Mesmo que muitos cristais brutos apresentem um zoneamento de cor com um núcleo leitoso e incolor, os cristais lapidados apresentam cor uniforme em decorrência de serem retirados a partir das bordas (figura 8).

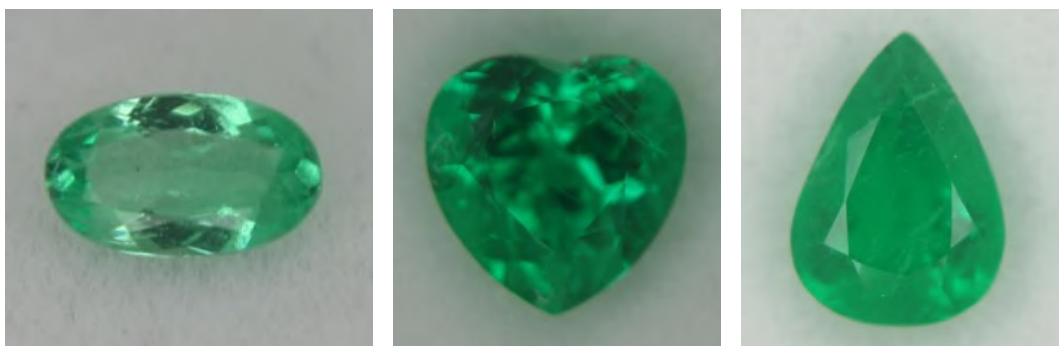


Figura 8- Exemplos de esmeraldas lapidadas da Lavra do Itatiaia

Propriedades Físicas: Os índices de refração determinados a partir de 7 cristais forneceram valores para n_o entre 1.589 e 1.591; e para n_e entre 1.581 e 1.585 resultando na birrefringência entre 0.006 e 0.008 e caráter óptico uniaxial negativo. A massa específica média em 5 cristais oscilou entre 2.72 e 2.74 g/cm³. Os resultados obtidos foram inseridos num gráfico de correlação de índice de refração versus massa específica, como podemos observar na figura 9.

Conforme podemos observar, os valores são comparáveis aos de esmeraldas naturais, sendo maiores que os de esmeraldas sintéticas. Além disto, podemos ver que os valores estão situados na faixa intermediária para esmeraldas.

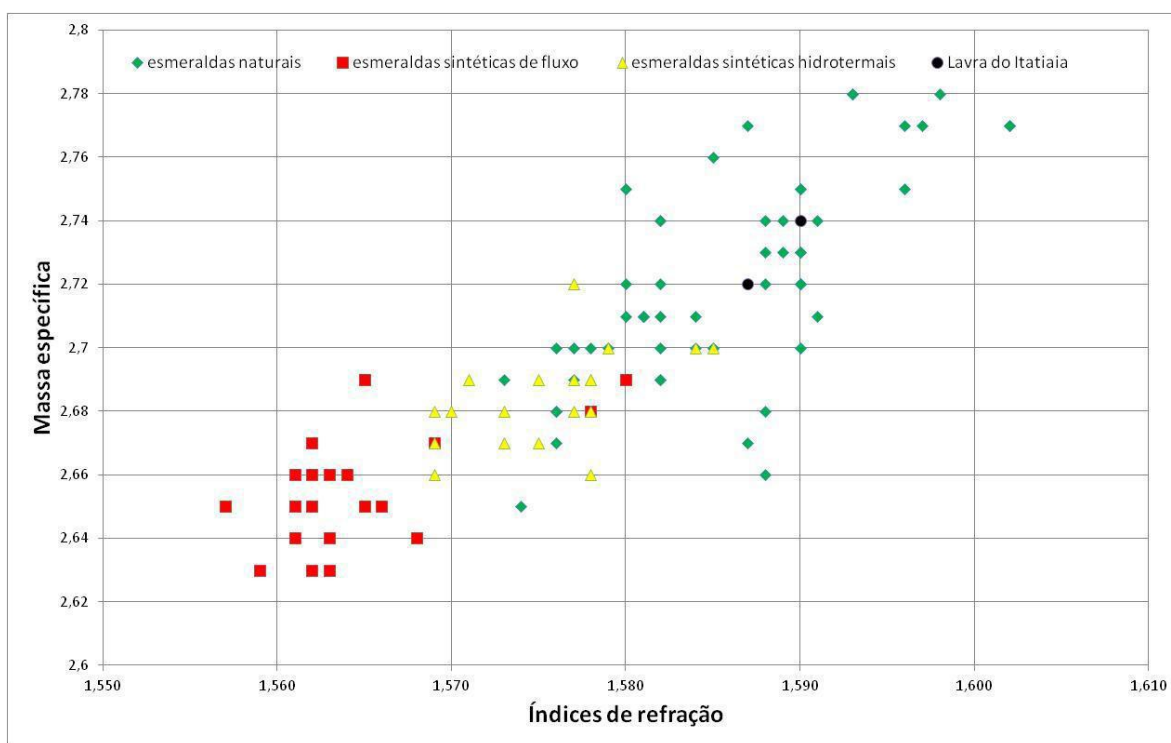


Figura 9 - Comparativo dos valores obtidos de massa específica e índices de refração

Todos os cristais analisados foram inertes à radiação ultravioleta de ondas longas e curtas, e também não reagiram ao filtro Chelsea.

No espectro visível ao infravermelho próximo (400 a 950 nm) foram identificadas claramente bandas de absorção devidas à presença de cromo e de ferro, sendo certo que as primeiras contribuem mais para a cor verde desta esmeralda, por estarem na região da luz visível (425, 620 e 684 nm), ao passo que a banda do ferro está centrada no infravermelho próximo (~840 nm), como vemos na figura 10.

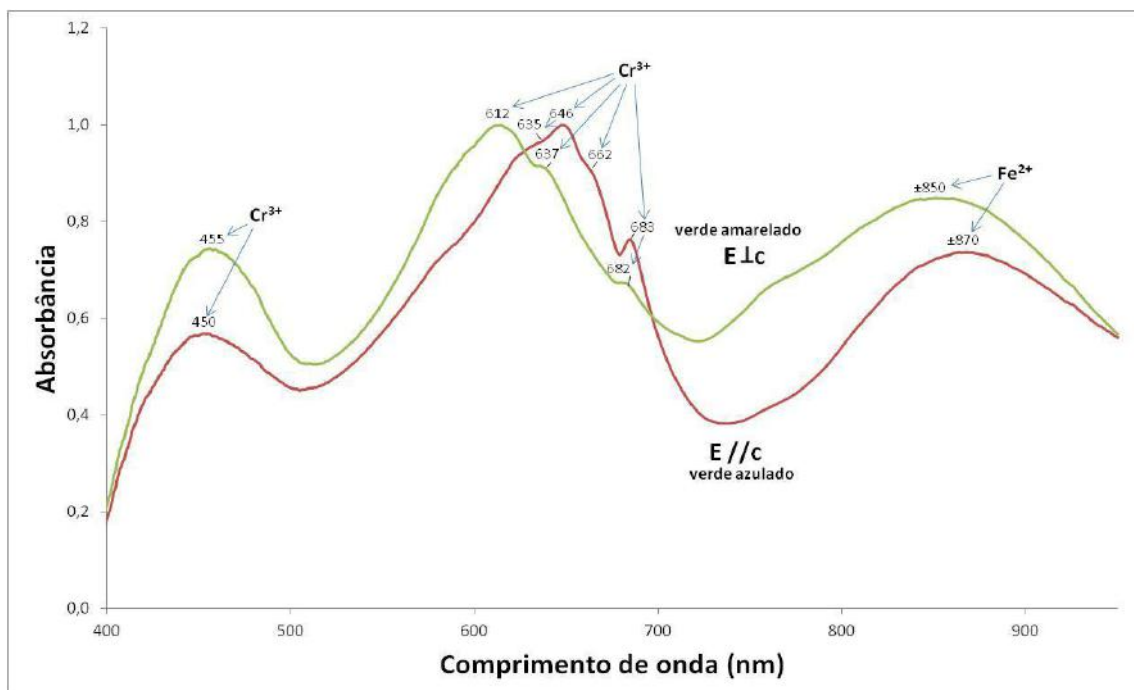


Figura 10 - Espectroscopia VIS-NIR com os picos do cromo e ferro indicados.

Características Microscópicas: Dentre as feições internas destacam-se as linhas e marcas de crescimento (Figura 11a e c) e inclusões fluidas (Figura 11b e c), geralmente concentradas no núcleo dos cristais analisados. Desta forma os cristais se apresentam transparentes nas bordas com núcleo leitoso e incolor (Figura 6).

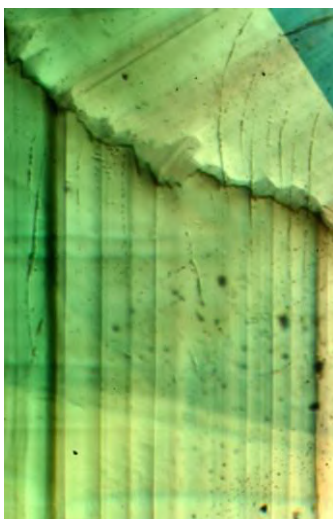


Figura 11a – Linhas e marcas de crescimento

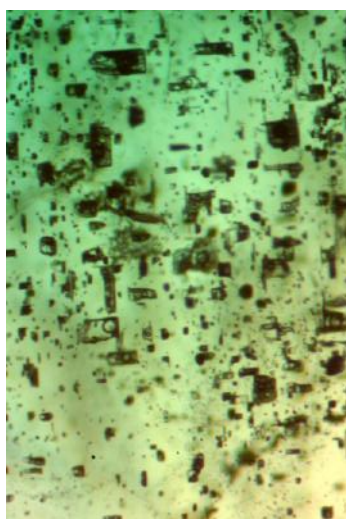


Figura 11b – Inclusões fluidas

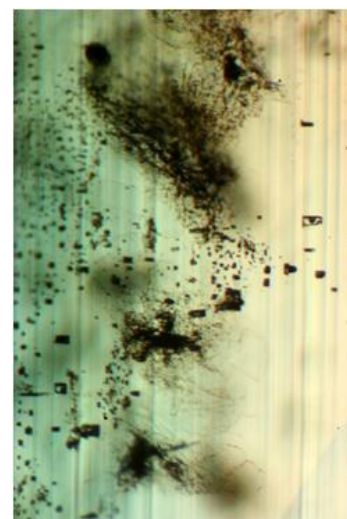


Figura 11c – Linhas de crescimento e inclusões fluidas

Através de microscópio eletrônico de varredura (MEV/EDS) e microespectrofotometria Raman foi possível identificar inclusões sólidas que foram divididas em dois grupos: inclusões já documentadas e inclusões inéditas. Na tabela 3, podemos comparar as inclusões das esmeraldas de Itatiaia com vários depósitos e diferentes métodos de síntese, com a probabilidade de observar a frequência da inclusão.

Inclusões já documentadas na literatura: flogopita (Figura 12), fluorapatita (Figura 13), turmalina (Figura 14), pirita (Figura 15), zircão (Figura 16).

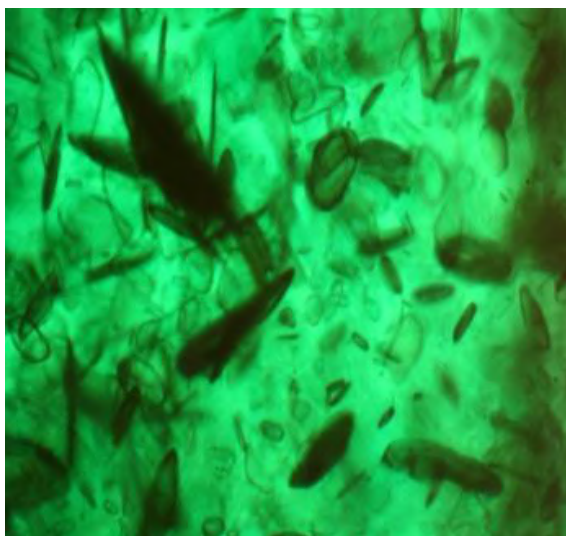


Figura 12a – Inclusões de flogopita através de microscópio gemológico onde aparecem em placas de cor amarronzada.

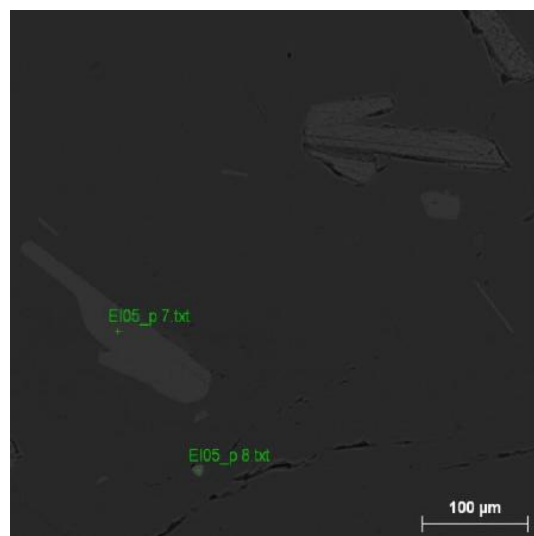


Figura 12b - Inclusões de flogopita no MEV ponto EI05_p7



Figura 13a - Inclusões de fluorapatita através de microscópio gemológico em hábito prismático incolor.

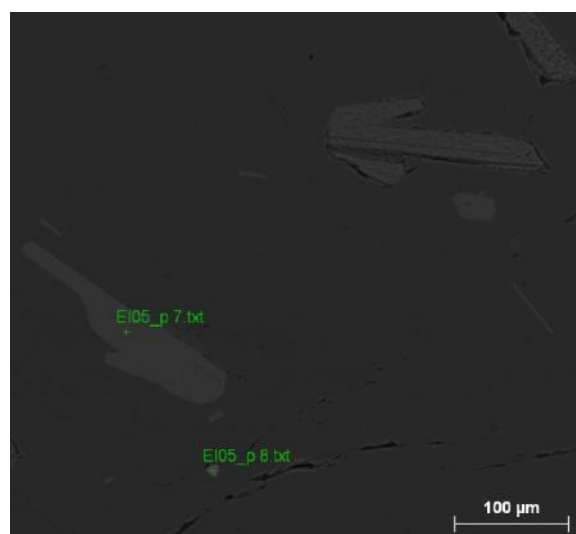


Figura 13b - Inclusões de fluorapatita no MEV ponto EI05_p8.

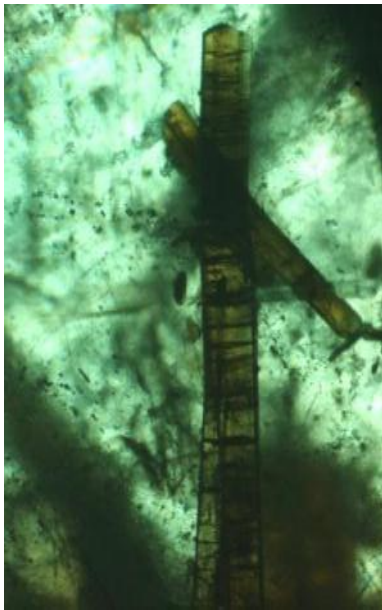


Figura 14a - Inclusão de turmalina através de microscópio gemológico em hábito prismático marrom esverdeado.

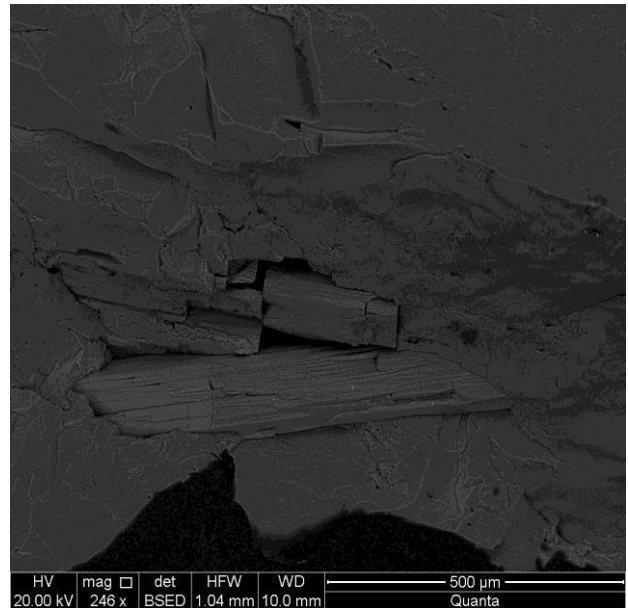


Figura 14b – Inclusão de turmalina em hábito tabular o no MEV.

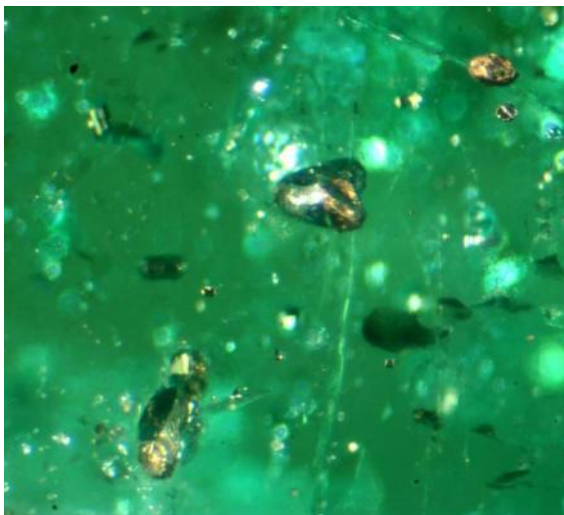


Figura 15a - Inclusões de pirita através de microscópio gemológico de aspecto metálico.

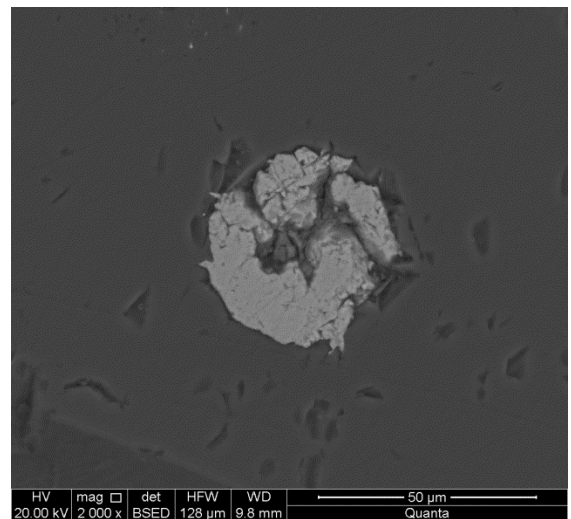


Figura 15b - Inclusões de pirita no MEV

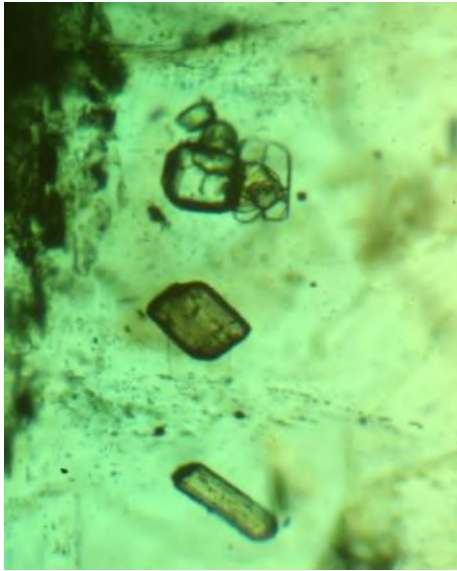


Figura 16a – Inclusões de zircão através de microscópio gemológico em hábito isométrico incolor.

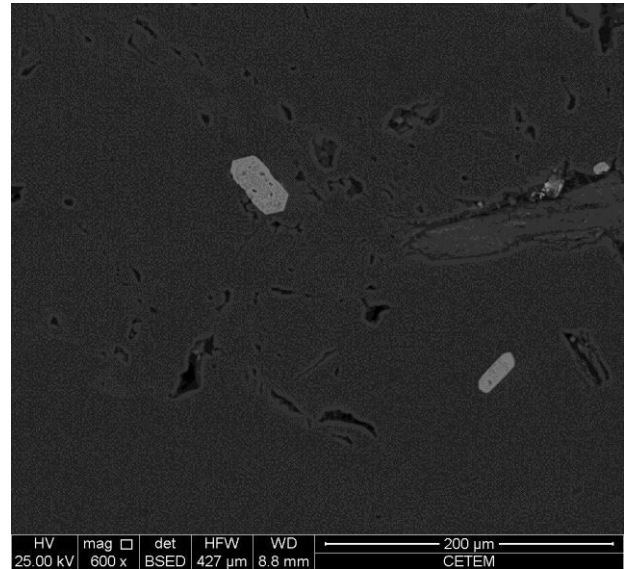


Figura 16b – Inclusões de zircão no MEV.

Inclusões inéditas: inclusões esféricas translúcidas (Figura 17), uraninita (Figura 18), torianita (Figura 19a), torita (Figura 19b) niquelina (Figura 20) e gersdorffita (Figura 21).

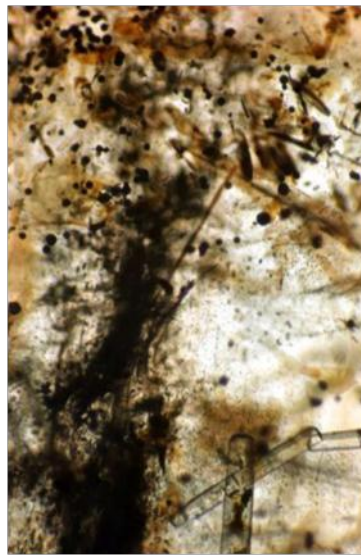
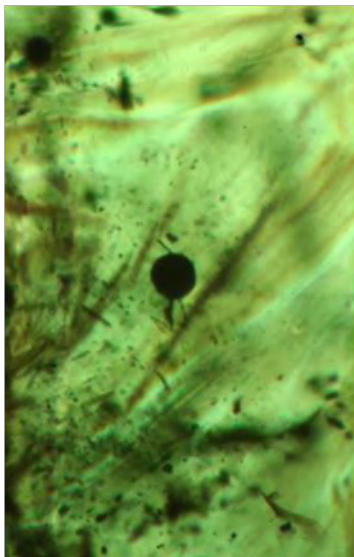


Figura 17a, b e c – Fotos feitas através de microscópio gemológico de inclusões esféricas disseminadas pelos cristais.

- Uraninita: óxido de urânio com forte radioatividade. Supõem-se que as inclusões esféricas da Figura 17 sejam resultantes da destruição da estrutura cristalina da esmeralda no entorno de inclusões fortemente radioativas, como a uraninita, a torianita e a torita. Esta hipótese está sendo estudada por um grupo de pesquisadores que estuda os danos causados por radiação em minerais e será oportunamente publicada.

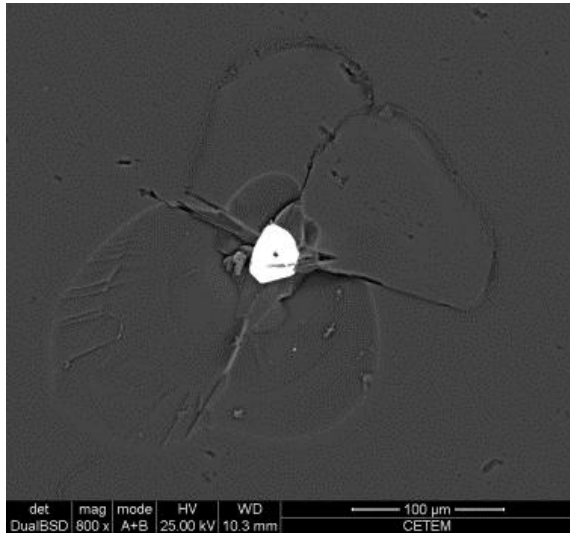


Figura 18a - Inclusão de uraninita no MEV.

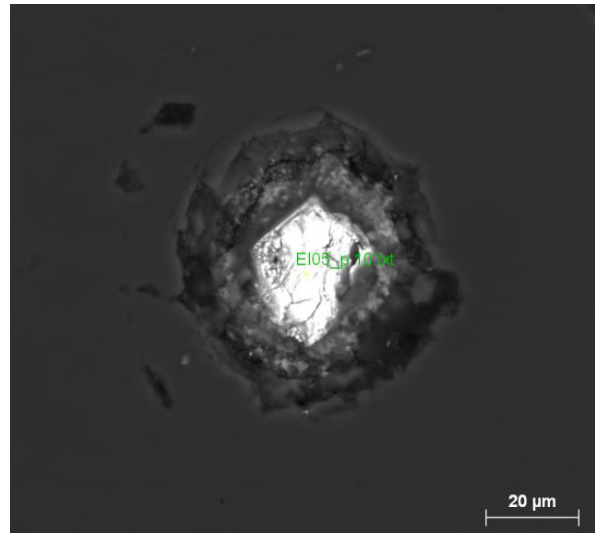


Figura 18b - Imagem através do MEV, onde uma das esferas translúcidas da Figura 17 possui uma uraninita no centro (ponto EI05_p10).

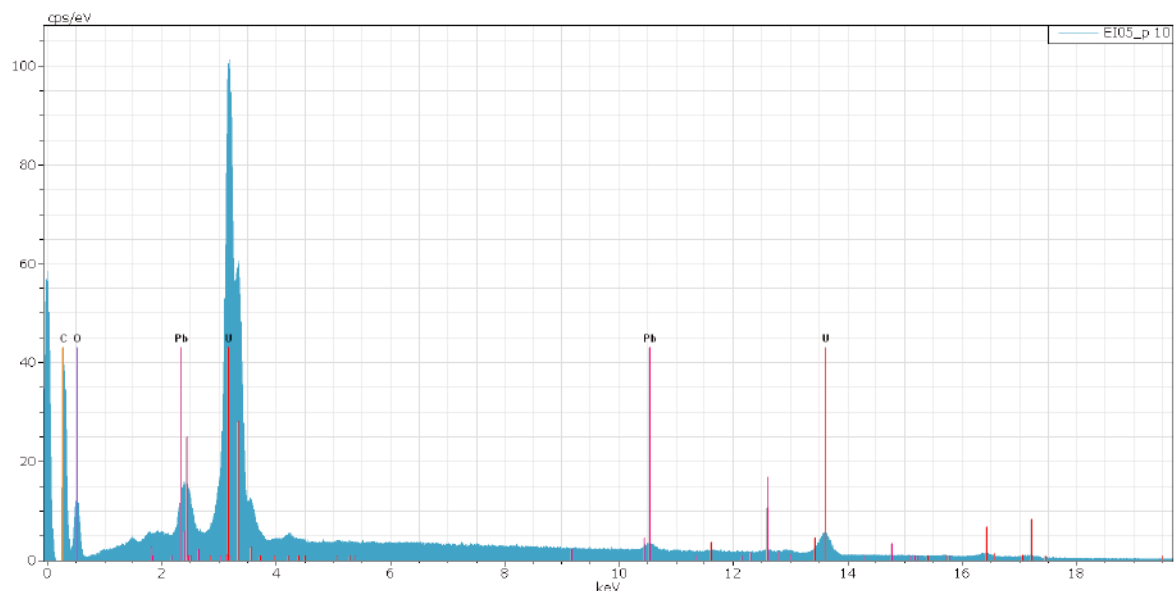


Figura 18c – Resultados do EDS da uraninita presente na figura 18b

- Torianita: óxido de tório com forte radioatividade. Observa-se uma destruição parcial da esmeralda no seu entorno.

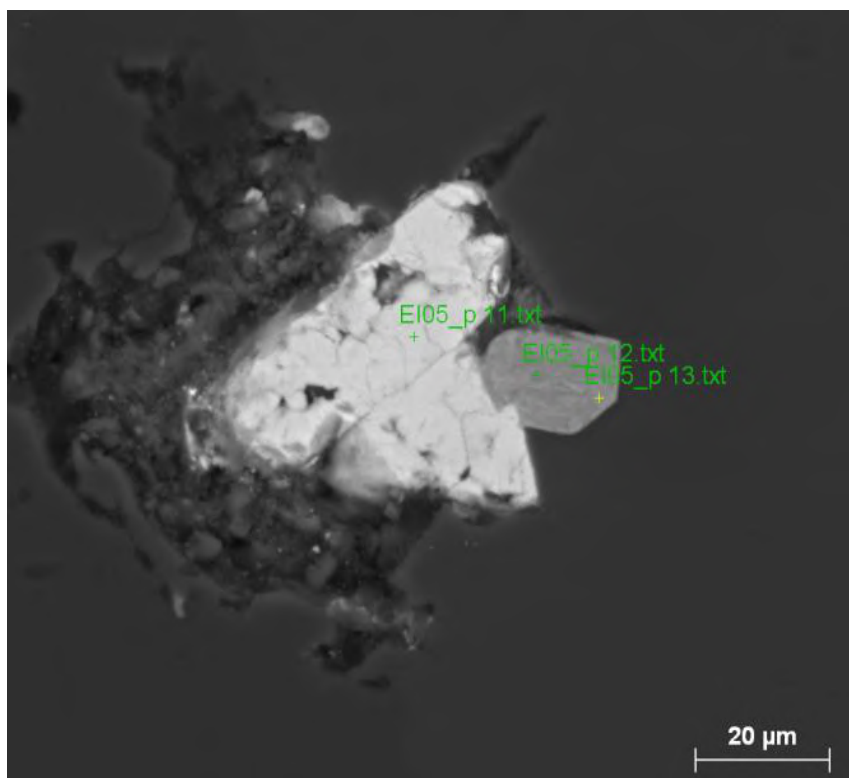


Figura 19 - Imagem através do MEV, no ponto EI05_ p 11: torianita próximo a um zircão (EI05_p 12 e 13).

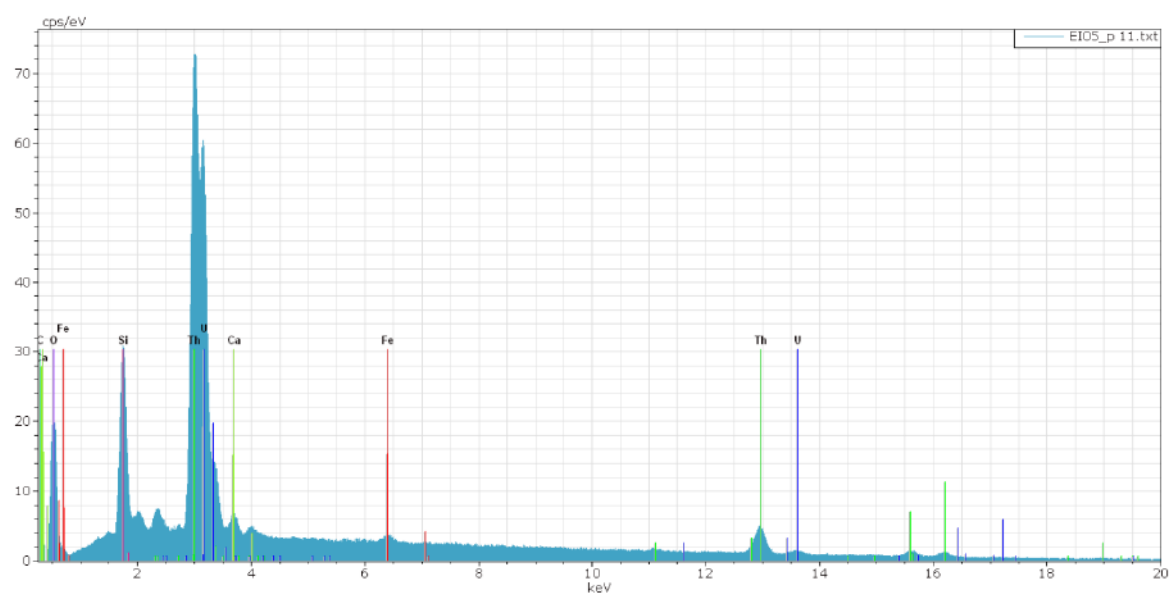


Figura 19b – Resultados do EDS da torianita da figura 19a.

-Torita: nesossilicato de tório pertencente ao grupo do zircão. Observa-se novamente uma destruição da esmeralda no entorno das inclusões de torita.

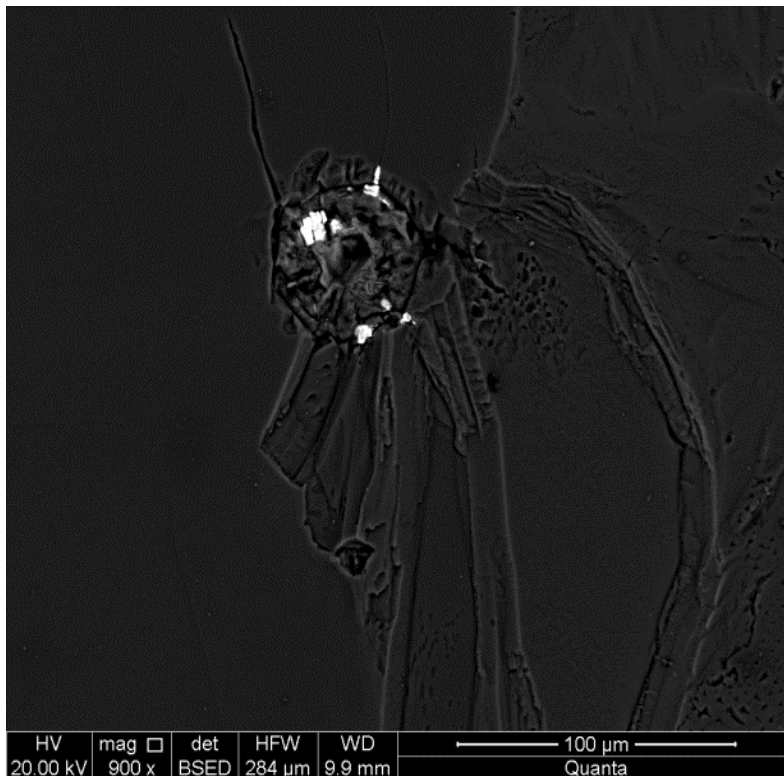


Figura 20a - Imagem através do MEV: os pontos de coloração clara representam um intercrescimento ou solução sólida entre torita e zircão dentro de uma das esferas translúcidas da Figura 17.

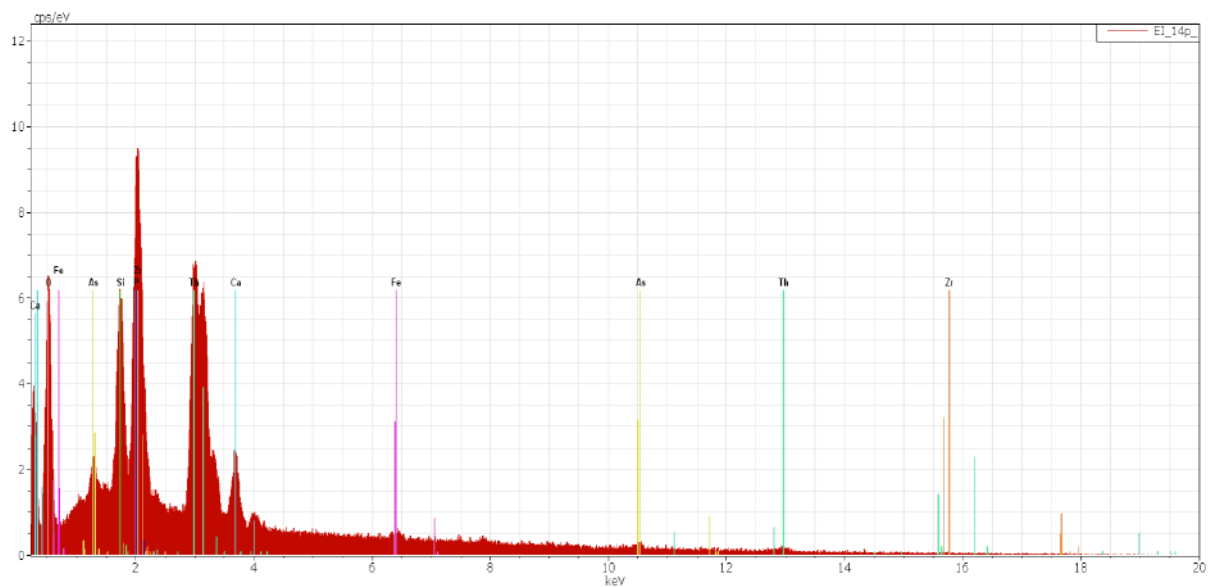


Figura 20b – Resultados do EDS da torita da figura 20a.

-Niquelina: é um arseniato de níquel

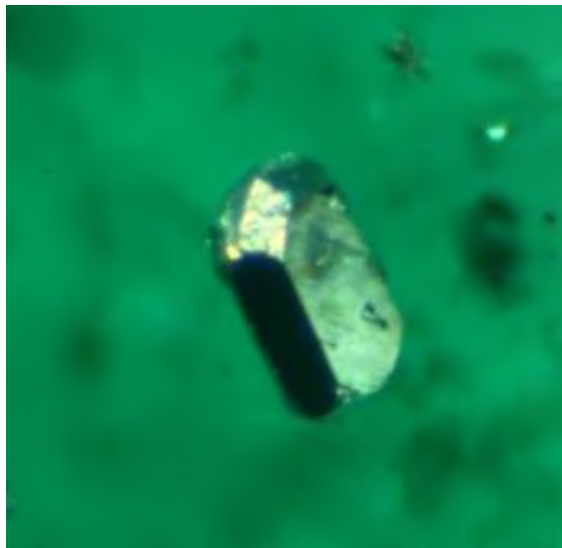


Figura 21a - Inclusão de niquelina através de microscópio gemológico de cor metálica

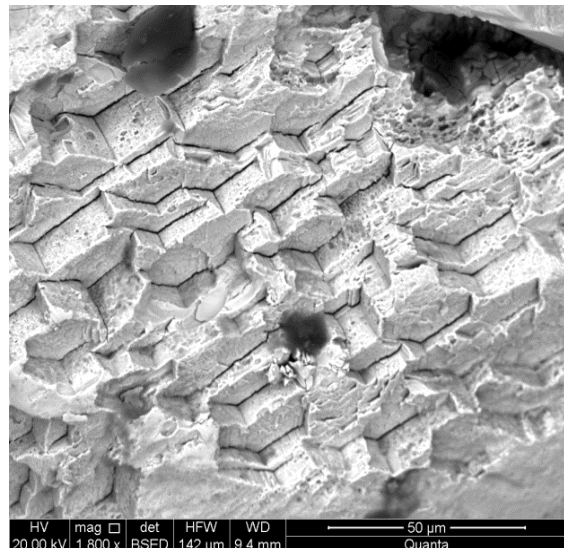


Figura 21b-. Inclusão de niquelina visto no MEV.

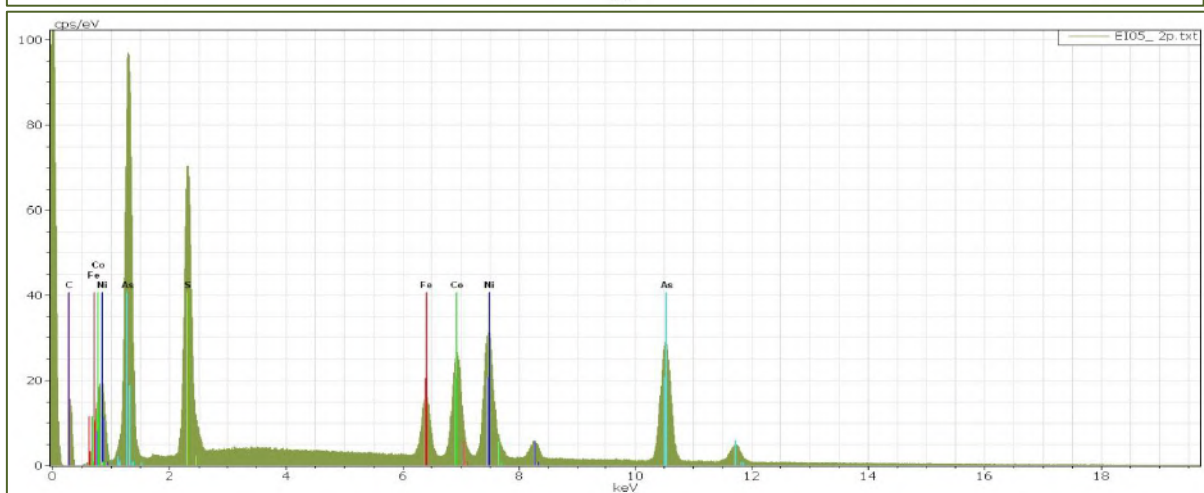
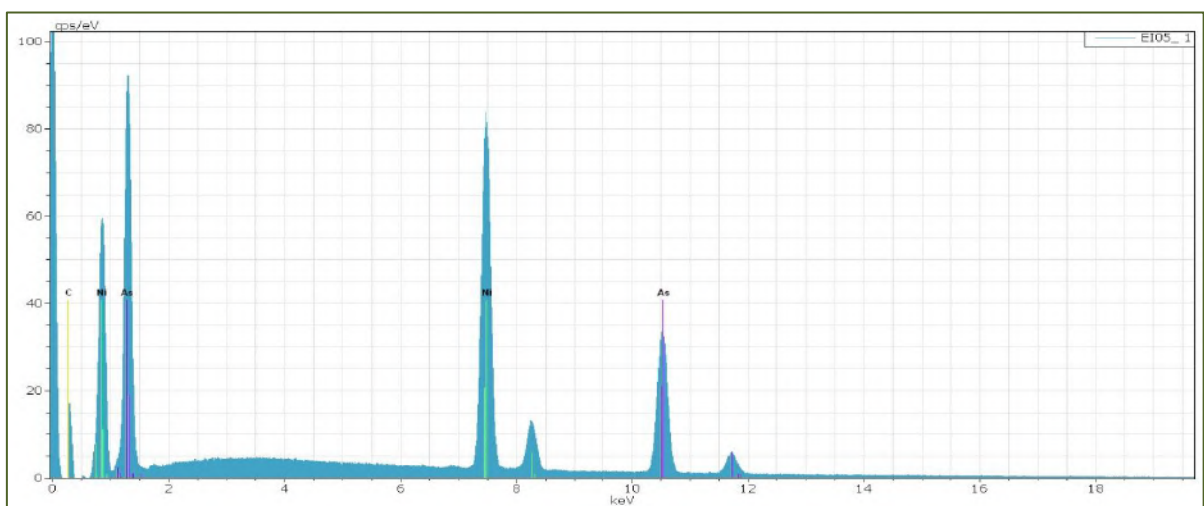


Figura 21c e d – Na Figura 21c observa-se o resultado EDS da niquelina. A Figura 21d se refere a uma análise feita em inclusões dentro da niquelina, mais rica em ferro, cobalto e enxofre.

- Gersdorffita: é um sulfeto de arsênio e níquel

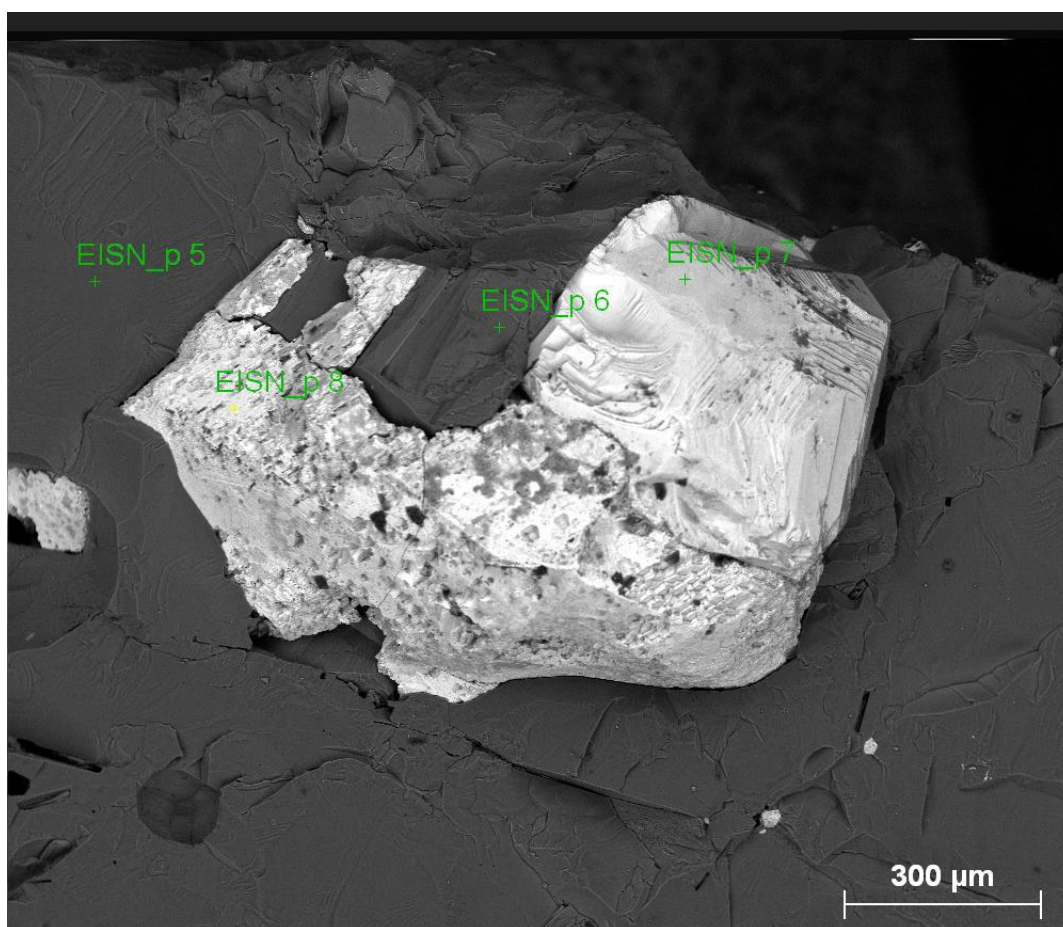


Figura 22a - Imagem através do MEV de uma associação de inclusões composta de gersdorffita (EISN_3_p7), turmalina (EISN_3_p6) e niquelina (EISN_3_p8)

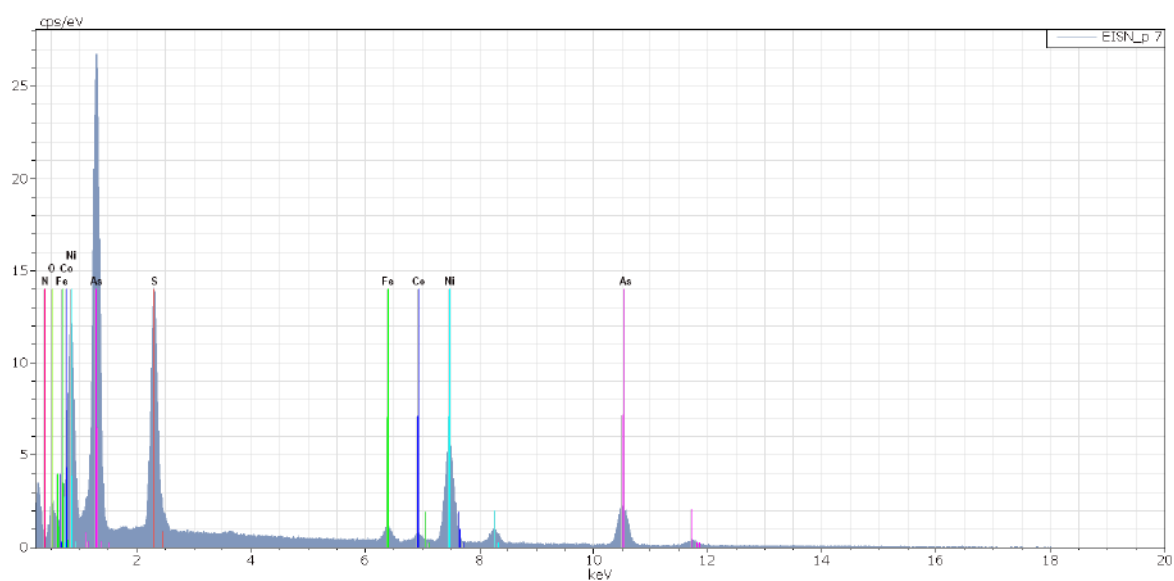


Figura 22b - Resultados do EDS da gersdorffita da figura 22a.

7.2 Composição Química

Através da análise química quantitativa da esmeralda, feita com a fluorescência de raios-X dispersiva em energia (EDXRF) (Tabela 4), e pelo resultado preliminar, feito por Ablação por Laser em Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (LA-ICP-MS) (Tabela 5), observamos uma grande concentração de metais alcalinos, com índices próximos aos observados em esmeraldas da Zâmbia e Socotó/Carnaíba – Bahia.

Tabela 4 - Análise química qualitativa de esmeralda com EDXRF

| | |
|---|-------------|
| Cr₂O₃: 0.05 to 0.55% | av.: 0.25% |
| V₂O₃: bdl to 400 ppm | av: 150 ppm |
| Fe₂O₃: 0.32 to 0.99% | av.: 0.40% |
| MgO: 2.1 to 3.4% | av.: 2.4% |
| Na₂O: 1.4 to 1.9% | av.: 1.5% |
| Cs₂O: 0.15 to 0.3% | av.: 0.2% |
| Traços: K, Ca, Mn, Zn, Ga, Rb. | |

Tabela 5 - Resultados preliminares da LA-ICP-MS

| | |
|-----------|----------------|
| Li | 1178-1456 ppmw |
| Cs | 1453-3667 ppmw |
| K | 279-520 ppmw |
| Zn | 26-54 ppmw |
| Ga | 10-14 ppmw |

7.3 Espectroscopia Raman

Segundo o estudo de Aurisicchio et al. (1994) e novamente observado em Le (2008, p4), existem dois tipos de água nos canais estruturais do berilo. O tipo I ocorre quando o berilo é isento de álcalis e, no espectro Raman, pode ser observado a 3.606 cm^{-1} . O tipo II está associado à ocorrência de álcalis dentro dos canais estruturais e ocorre a 3.598 cm^{-1} . A intensidade relativa destas bandas depende do teor de álcalis presentes no berilo.

No espectro Raman abaixo (Figura 22) podemos observar entre 100 e 1300 cm^{-1} , as vibrações moleculares típicas dos berilos, e observamos, entre 3500 e 3700 cm^{-1} , duas bandas, a 3598 e 3606 cm^{-1} . De acordo com Le (2008, p77) podemos concluir que as

esmeraldas de Itatiaia são do tipo xisto (*schist type beryl*) e que a concentração de álcalis deve ser maior do que 1,1%, o que está de acordo com os nossos dados de análise química.

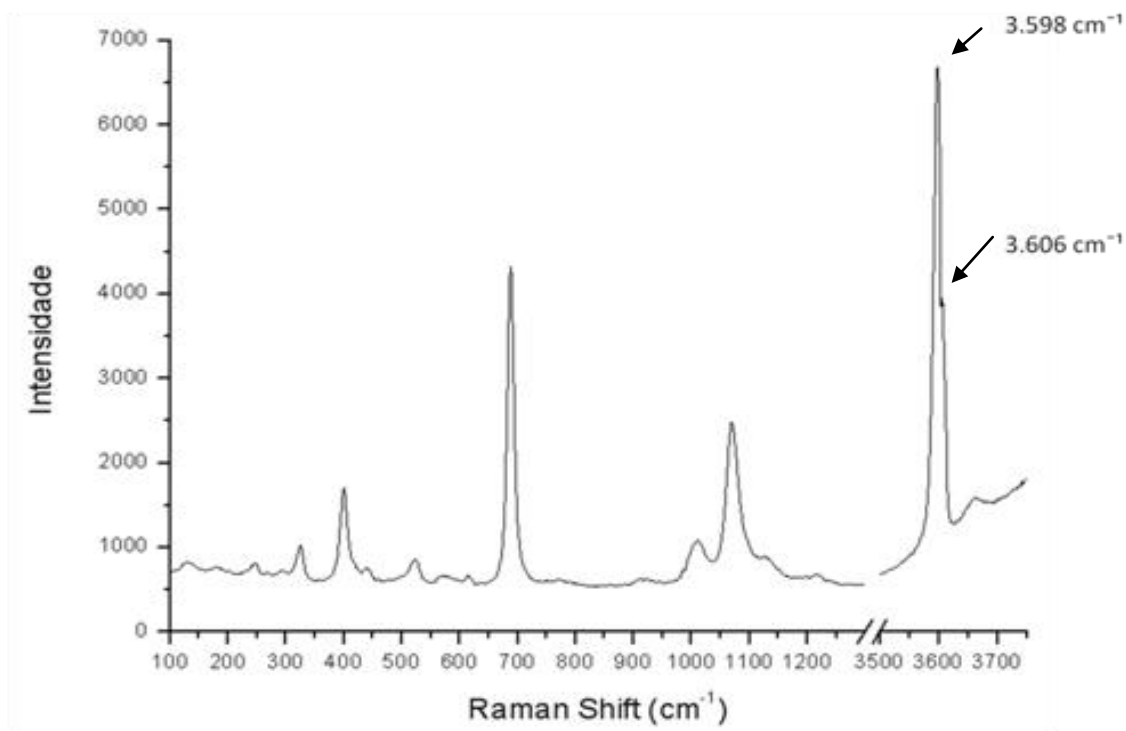


Figura 23 – Dados da Espectroscopia Raman.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração das esmeraldas está na sua fase inicial, sendo ainda muito cedo para prever o potencial econômico desta nova ocorrência. Atualmente a produção está parada para uma melhor avaliação da mineralização.

Caso se confirme o potencial da mina, a Geometa Ltda pretende usar a estratégia “from mine to market” onde se atua em todo o processo desde a retirada do mineral bruto, até a venda de cristais lapidados.

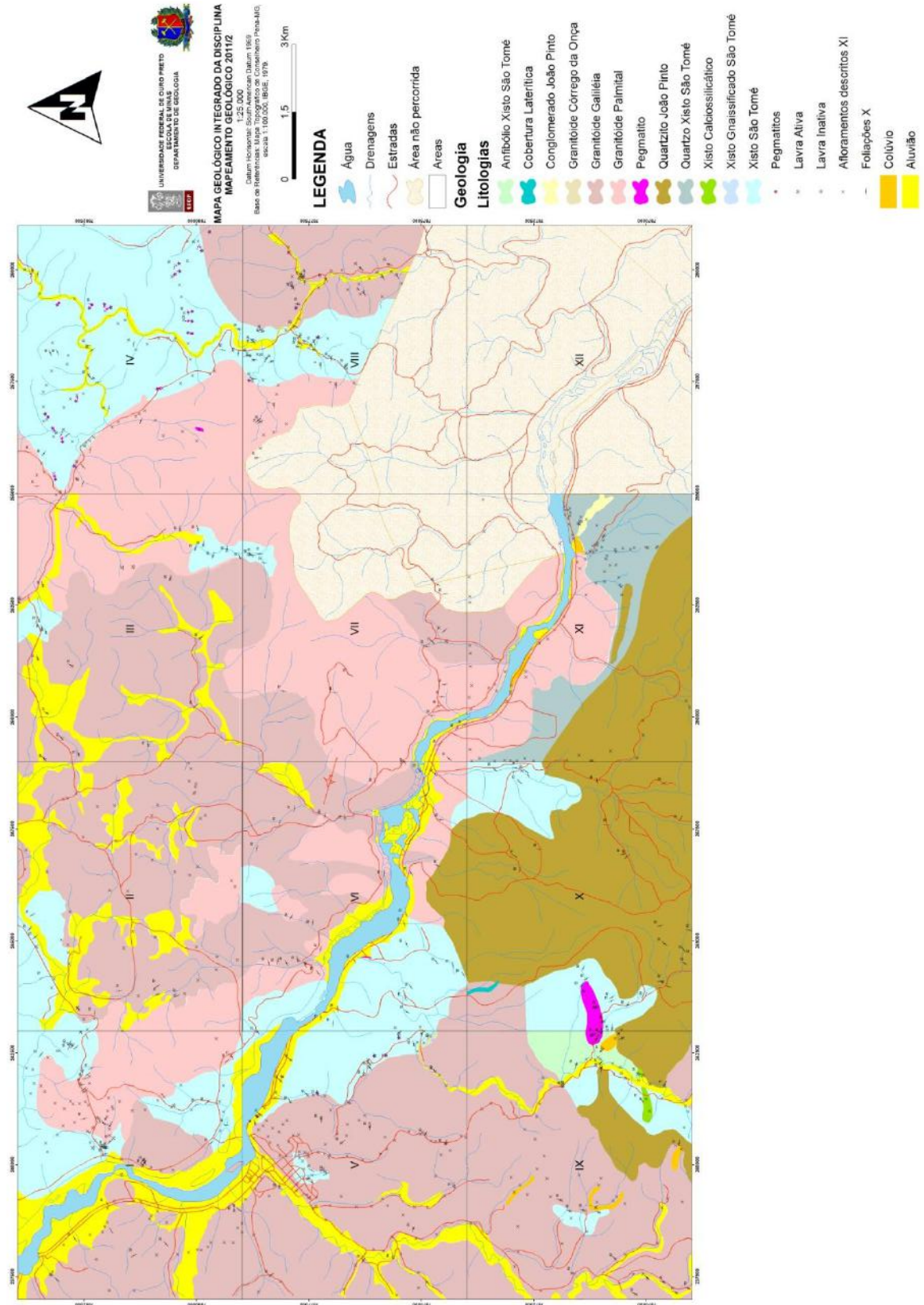
Esse trabalho foi apresentado no 46º Congresso Brasileiro de Geologia (CBG) e no 33º Congresso Internacional de Gemologia (IGC).

A caracterização das esmeraldas e os estudos geológicos de campo estão em fase final para oportunamente serem publicados.

9. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador Julio Cezar Mendes, por apoiar essa ideia, e ao professor e coorientador Jurgen Schnellrath, pela orientação dedicada e solícita, sem os quais esse trabalho não seria possível. Agradeço ao geólogo Roberto Salvador Dias Miceli, pela ajuda no manuseio e aprendizado de alguns equipamentos gemológicos, e a todo o corpo técnico do CETEM que auxiliou na execução de preparação e análise de alguns procedimento. Ao Dr. Ricardo Scholz da UFOP pelo mapeamento geológico da região, e aos pesquisadores Dr. Dietmar Schwarz e Dr. Stefanos Karampelas, pelas análises feitas no GGL. Por fim agradeço aos meus colegas da graduação por durante todo esse tempo percorrerem esse caminho ao meu lado. E principalmente à minha família pelo apoio, incentivo e paciência durante toda a minha vida e por me fazerem sempre continuar, independente das dificuldades.

Anexo A – Mapa Geológico Integrado da Disciplina Mapeamento Geológico 2011/2 (UFOP, 2010)



8. LEITURA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M., O Craton do São Francisco. *Revista Brasileira Geociências*, 7, p.349-364, 1977.
- AURISICCHIO, C., GRUBESSI, O., ZECCHINI, P., Infrared spectroscopy and crystal chemistry of the beryl group. *The Canadian Mineralogist*, 32, p.55-68, 1994.
- BARBOSA, A. L. M. ; GROSSI SAD, J. H. *et al.* Geologia da região do médio Rio Doce, escala 1:200.000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1966. Rio de Janeiro. Guia de excursões. Rio de Janeiro: SBG, 1966. 10p.
- BARBOSA, A. L. M. ; GROSSI SAD, J. H. Reinterpretação das 'séries' Juiz de Fora e Paraíba, em Minas Gerais e Rio de Janeiro. *In* II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Belo Horizonte, SBG, 1983, Anais 3, p. 3-15.
- BILAL, E. ; CORREIA-NEVES, J. M. ; FUZIKAWA, K. ; HORN, A. H. ; MARCIANO, P. R. O. ; FERNANDES, M. L. S. ; MOUTTE, J. ; MELLO, F. M. ; NASRAOUI, M. Pegmatites in Southeastern Brazil, *Revista Brasileira de Geociências*, 30(2), p. 234-237, 2001.
- DNPM - IBGM 2009. Boletim Referencial de Preços de Diamantes e Gemas de Cor. Brasília: Convênio DNPM - IBGM, 115 p.
- KAHWAGE, M. A & MENDES, J. C., O Berilo Gemológico Da Província Pegmatítica Oriental Do Brasil. *Geochim. Brasil.*, 17(1), p. 13-25, 2003.
- LE, T. H., Microscopic, chemical and spectroscopic investigations on emeralds of various origins. 2008. 127p. Tese (Doutorado em Ciências da Terra), Universidade Johannes Gutenberg de Mainz, Mainz.
- MISI, A., AZEVEDO, H.C.A. A Província Pegmatítica do Extremo Sul da Bahia. *Miner. E Metal*, Rio de Janeiro, v.38, n.35a, p.6-10, 1975.
- NALINI, H.A. Caractérisation des suites magmatiques néoprotérozoïques de la region de Conselheiro Pena et Galiléia (Minas Gerais, Brésil). 1997. 237p. Tese de Doutorado, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, Saint Etienne.
- NETTO, C.; ARAUJO, M. C.; PINTO, C. P. e DRUMOND, J. B. V. Projeto Leste - Província Pegmatítica Oriental. Belo Horizonte. CPRM, 1998. 223 p.
- PAIVA, G. Províncias Pegmatíticas do Brasil, 1946, Boletim DNPM/DFPM, 78, p. 13-21.
- PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., WIEDERMANN, C.M., e PINTO, C.P., The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, 110, p.307-323, 2001.

- PEREIRA, A. C., AMARANTE F. A. N., D'ALCANTE R. C. Projeto Pegmatitos: Mapeamento Geológico das redondezas do Município de Conselheiro Pena/MG – Área IX. 2011, 45p. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.
- RENÓ, R. Controle Estrutural da Mineralização de Esmeraldas no Pegmatito Itatiaia, Conselheiro Pena, MG. 2013. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Minas, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto.
- SAUER, J. R. O Mundo das Esmeraldas. Rio de Janeiro: Jules Roger Sauer, 1992, 160 p
- SILVA, E. E.. Determinação da procedência de esmeraldas brasileiras a partir do estudo de suas inclusões. 2004. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SCHWARZ, Dietmar. Esmeraldas: Inclusões em Gemas. Ouro Preto, Imprensa Universitária, 1987. 439p
- ZWAAN, J.C., JACOB, D.E., HÄGER, T., CAVALCANTI NETO, M.T.O., e KANIS, J.. Emeralds from the Fazenda Bonfim Region, Rio Grande do Norte, Brazil. *Gems & Gemology*, 48(1), p.2-17, 2012.